

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6426176号
(P6426176)

(45) 発行日 平成30年11月21日(2018.11.21)

(24) 登録日 平成30年11月2日(2018.11.2)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 2 B	17/08	(2006.01)	GO 2 B	17/08	Z
HO 4 B	7/00	(2006.01)	HO 4 B	7/00	

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-527986 (P2016-527986)	(73) 特許権者	500520743
(86) (22) 出願日	平成26年4月28日 (2014. 4. 28)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2016-525233 (P2016-525233A)		The Boeing Company
(43) 公表日	平成28年8月22日 (2016. 8. 22)		アメリカ合衆国、60606-2016
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/035723		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(87) 国際公開番号	W02015/009341	(74) 代理人	110002077
(87) 国際公開日	平成27年1月22日 (2015. 1. 22)		園田・小林特許業務法人
審査請求日	平成29年4月25日 (2017. 4. 25)	(72) 発明者	ウィルケン, スティーヴン ケー.
(31) 優先権主張番号	13/942, 561		アメリカ合衆国 60606-2016
(32) 優先日	平成25年7月15日 (2013. 7. 15)		イリノイ, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
(33) 優先権主張国	米国 (US)	審査官	吉川 陽吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学ビームから光学エネルギーを抽出する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主鏡、

副鏡、及び

実質的に平坦な部分に囲まれた 1 以上の屈折エレメントを備える光学素子を備える装置であって、

前記主鏡及び前記副鏡が光源から発せられた光を用いてプライマリビームを生成するよう構成されており、前記プライマリビームを介して第 2 の装置とデータを通信し、

前記主鏡が前記光学素子と前記副鏡との間に配置されており、

前記 1 以上の屈折エレメントが前記光源から発せられた前記光の一部を使用してビーコンビームを生成するように構成され、前記ビーコンビームは前記副鏡及び前記主鏡の両方によって反射されて第 2 の装置によるプライマリビームの位置特定を容易にする、装置。

【請求項 2】

前記 1 以上の屈折エレメントが 2 つの屈折エレメントを含み、前記 2 つの屈折エレメントが前記光学素子の第 1 の表面上に配置され、前記 2 つの屈折エレメントのそれぞれが前記光学素子の前記第 1 の表面に対して凹形状を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記 2 つの屈折エレメントのそれぞれの前記凹形状が、前記光学素子の厚さ方向に延びている、請求項 2 に記載の装置。

10

20

【請求項 4】

前記 1 以上の屈折エレメントが 2 つの屈折エレメントを含み、前記 2 つの屈折エレメントが前記光学素子の第 1 の表面上に配置され、前記 2 つの屈折エレメントのそれぞれが前記光学素子の前記第 1 の表面に対して凸形状を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記 2 つの屈折エレメントのそれぞれの前記凸形状が、前記光学素子の前記第 1 の表面から離れるように延伸する、請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

前記プライマリビームが第 1 の直径を有し、前記ビーコンビームが遠距離場において前記第 1 の直径よりも大きい第 2 の直径を有する、請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 7】

前記光源がレーザーを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

装置において、プライマリビームであって、前記プライマリビームを介して第 2 の装置とデータを通信する、プライマリビーム及びセカンダリビームであって、第 2 の装置によるプライマリビームの位置特定を容易にする、セカンダリビームを生成する方法であって、

望遠鏡の主鏡及び副鏡により、光源によって発せられた光を使用して前記プライマリビームを生成すること、及び

前記望遠鏡の光学素子を用いて前記光の一部を使用して前記セカンダリビームを生成することを含み、前記光学素子が実質的に平坦な部分に囲まれた 1 以上の屈折エレメントを含み、前記主鏡が前記光学素子と前記副鏡との間に配置されており、前記セカンダリビームが、前記 1 以上の屈折エレメントを使用して前記光の前記一部を方向転換することによって生成され、前記セカンダリビームは前記副鏡及び前記主鏡の両方によって反射される、方法。

20

【請求項 9】

前記光学素子が反射防止膜によってコーティングされている、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記 1 以上の屈折エレメントの中の第 1 の屈折エレメントが、前記光学素子の第 1 の表面上に配置され、前記 1 以上の屈折エレメントの中の第 2 の屈折エレメントが、前記光学素子の第 2 の表面上に配置される、請求項 8 に記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的には、光学通信で使用されるビーコンビームを生成するように構成されたレンズを含む、光学通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

レーザー通信システムのような光学通信システムは、遠距離（例えば何マイルも）を経て、自由空間を通過して（例えば空中や宇宙を通過して）データを伝達するために、定方向の光ビームを使用し得る。光ビームは、第 1 の装置（例えば第 1 のレーザー通信端末）によって生成され得、第 1 の装置から離れた位置にある第 2 の装置（例えば別のレーザー通信端末）によって受容され得る。第 1 の装置及び第 2 の装置は、データを送信及び受信する双方向通信を確立するために光ビームを使用し得る。光ビームは狭い角度発散を有し得るため、第 2 の装置は、光ビームの位置を特定するのに困難を有し得る。第 2 の装置の光ビーム位置特定性能を向上するため、第 1 の装置はビーコンビームを生成し得る。ビーコンビームのための光学エネルギー（即ち、光）は、（1）主要光学エネルギー源（例えばレーザー）に隣接して位置する専用ビーコン光源（例えばビーコンビーム光源）、又は（2）主要光学エネルギー源（例えばレーザー）によって作成された光学エネルギーの一部が

40

50

ビーコンビームの作成に使用するため抽出され得ること、によって作成され得る。後者の例では、光ビームの一部を方向転換するため、光ビーム（例えば主要光学エネルギー源によって作成される光）の経路内に機械的マウント又はブラケットによってレンズが配置され得る。機械的マウント又はブラケットによって、光ビームの一部が第1の装置から第2の装置に向かって伝送されることが遮断され得る。一部の光ビームが遮断されることによって、光ビームの強度が低減される。

【発明の概要】

【0003】

レーザー通信端末は、第2のレーザー通信端末との通信を確立するために使用されるビーコンビームを生成するように構成されている、レンズを含み得る。レンズは、レンズ表面上に配置される1以上の屈折エレメントを含む。1以上の屈折エレメントは、レーザー通信端末の光源から発せられた光の一部を方向転換することによって、ビーコンビームを生成するように構成されている。レンズは、ほぼ透明な板（例えば光学ガラス板又はポリマー板）であり得る。レーザー通信端末はまた、遠隔レーザー通信端末との通信に使用されるプライマリビームを生成するようにも構成され得る。1以上の屈折エレメントは、プライマリビームを生成するために使用される光の一部を方向転換してビーコンビームを生成するように構成され得る。1以上の屈折エレメントがほぼ透明なレンズによって光の経路内に保持されるため、機械的マウント及びブラケットに関連する光の損失は、除去され得る。また、本明細書で開示される1以上の実施形態で説明されるレンズを含むレーザー通信端末は、機械的マウント又はブラケットを使用したレーザー通信端末と比べてより低い送信電力の下でも、望ましいビームの強度及び/又は通信データレートを達成することが可能であり得る。

【0004】

具体的な実施形態では、装置は光源、主鏡、副鏡、及びレンズを含む。光源は、レーザービームのような、ガウシアン強度プロファイルを持った光を発するように構成され得る。主鏡及び副鏡は、カセグレン光学系を形成し得る。レンズは、レンズの第1の表面上に配置されている2つの屈折エレメントを含む。2つの屈折エレメントは、レンズの第1の表面の中心から、ほぼ等距離に配置され得る。主鏡及び副鏡は、光源から発せられた光を使用してプライマリビームを生成するように構成され得る。レンズは光源と主鏡の間に配置され、2つの屈折エレメントは、光源から発せられた光の少なくとも一部を使用してビーコンビームを生成するように構成され得る。ビーコンビームは、遠距離場で、均一かつ均衡した状態で部分的に重複及び/又は集束する、2つの個別ビーコンビームを含み得る。第1の個別ビーコンビームは、第1の屈折エレメントによって生成され得、第2の個別ビーコンビームは、第2の屈折エレメントによって生成され得る。

【0005】

別の実施形態では、レーザー通信端末は、第1のレンズ、第2のレンズ、及び光源を含む。第1のレンズは対物レンズであり得、第1のレンズ及び光源は、中心部に障害物のない屈折光学系（例えば屈折望遠鏡）を形成するように配置され得る。第2のレンズは、ビーコンビームを生成するように構成され、中心部に位置する屈折エレメントを含み、光源と第1のレンズとの間に配置され得る。中心部に位置する屈折エレメントは、レーザー通信端末の光軸の中心に位置し得る。レーザー通信端末の第1のレンズは、光源から発せられた光を使用してプライマリビームを生成するように構成され得、第2のレンズの中心部に位置する屈折エレメントは、光源から発せられた光の少なくとも一部を使用して、単一のビーコンビームを生成するように構成され得る。

【0006】

一実施形態では、レンズは第1の表面及び第2の表面を有し、第1の表面は第2の表面からレンズの厚さによって隔てられ得る。レンズの第1の表面は、第1の屈折エレメント及び第2の屈折エレメントを含み得る。第1の屈折エレメント及び第2の屈折エレメントは、レンズの第1の表面の中心からほぼ等距離に配置され得る。レンズが望遠鏡に搭載される際、第1の屈折エレメント及び第2の屈折エレメントは、望遠鏡の光源から発せられ

10

20

30

40

50

た光がレンズを通過するときにビーコンビームを生成するように構成され得る。ビーコンビームは、遠距離場で、均一かつ均衡した状態で部分的に重複及び／又は集束する、2つの個別ビーコンビームを含み得る。第1の個別ビーコンビームは、第1の屈折エレメントによって生成され得、第2の個別ビーコンビームは、第2の屈折エレメントによって生成され得る。

【0007】

別の実施形態では、方法は、光源から発せられた光を使用してプライマリビームを生成することを含む。プライマリビームは、典型的なカセグレン光学の配置におけるように、望遠鏡の主鏡及び副鏡を使用して光を反射することによって生成され得るか、又はプライマリビームは、典型的な屈折光学の配置におけるように、対物レンズによって生成され得る。方法は、望遠鏡のレンズを用いて光の一部を使用することで、セカンダリビーム（例えばビーコンビーム）を生成することを含む。中心部に障害物を有する光学系（例えばカセグレン光学の配置に従って配置される望遠鏡）においては、レンズは、レンズの第1の表面の中心からほぼ等距離に配置される2以上の屈折エレメントを含み、2以上の屈折エレメントを使用して光の一部を方向転換することによって、セカンダリビームが生成される。中心部に障害物を有しない光学系（例えば屈折光学の配置に従って配置される望遠鏡）においては、レンズは、中心部に位置しレンズ表面に配置された屈折エレメントを含み、中心部に位置する屈折エレメントを使用して光の一部を方向転換することによって、セカンダリビームが生成される。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】プライマリビーム及びビーコンビームを生成するように構成された、レーザー通信端末の例示的な実施形態のブロック図である。

【図2】ビーコンビームを生成するように構成されたレンズの例示的な実施形態である。

【図3】ビーコンビームを生成するように構成されたレンズの側面図である。

【図4】レーザー通信システムの例示的な実施形態である。

【図5】プライマリビーム及びセカンダリビームに関連付けられた、光の強度プロファイルの例示の投影像である。

【図6】プライマリビーム及びセカンダリビームを生成する方法の実施形態のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

図1を参照すると、プライマリビーム及びセカンダリビーム（ビーコンビーム）を生成するように構成された、レーザー通信端末100の例示的な実施形態のブロック図が示されている。レーザー通信端末100は、光源102、主鏡104、副鏡106、及びレンズ120を含む。一実施形態では、光源102はレーザー通信端末100の外部にあり、レーザー通信端末100とは別個である。一実施形態では、光源102はレーザーであり得、及び／又は他の構成要素（例えばプリズム、鏡、その他）を含み得る。

【0010】

主鏡104及び副鏡106は、光源102から発せられた光110を使用してプライマリビーム110Bを生成するように構成され得る。説明すると、光源102は、光110が副鏡106に対して方向づけられるよう、光110を発するように構成され得る。一実施形態では、主鏡104及び副鏡106は、カセグレン光学系を形成し得る。主鏡104は、光110が妨害されずに主鏡104を経由して副鏡106に達することを可能にするように構成される、（図1に図示せぬ）中心部の開口を含み得る。副鏡106は、光110のほとんどを、光110Aとして主鏡104に向けて反射するように構成され得る。主鏡104は、光110Aをプライマリビーム110Bとして反射するように構成され得る。

【0011】

一実施形態では、レーザー通信端末100は、レーザー通信システムの一部として動作

し得、プライマリビーム 110B を介して（図 1 に図示せぬ）遠隔レーザー通信端末にデータを送信し得る。例えば、データはプライマリビーム 110B 内で、（例えば、振幅変調、周波数変調、パルス幅変調などを用いて）エンコードされ得る。一実施形態では、プライマリビーム 110B はほぼコリメートされた（collimated）ビームである。プライマリビーム 110B は、レーザー通信端末 100 から遠隔レーザー通信端末に、開放空間（例えば空中、宇宙など）を通して及び長距離（1 マイルを超え得る距離）を経て、伝送され得る。具体的な実施形態では、レーザー通信端末 100 は第 1 の望遠鏡であり得、（図 1 に図示せぬ）遠隔レーザー通信端末は第 2 の望遠鏡であり得る。第 1 の望遠鏡及び第 2 の望遠鏡は、電磁放射線を捕集し、伝送し、及び受容し、並びに観測の際に補助する機器に相当し得る。

10

【0012】

遠隔レーザー通信端末において第 1 の光 110B を検出することは、困難でありうる。それはレーザー通信端末 100 からのプライマリビーム 110B の角度発散が小さいことと、プライマリビーム 110B が遠隔レーザー通信端末の受光開口部によって捕捉され受容されるためには、レーザー通信端末 100 からのプライマリビーム 110B がどこを狙えば良いかに関する正確な先験的知識の欠如とによる。例えば、プライマリビーム 110B は、約 1 から 2 秒の角度発散を有し得る。遠隔レーザー通信端末におけるプライマリビーム 110B の可視性を増大させるため、及び遠隔レーザー通信端末がプライマリビーム 110B の位置を特定し、プライマリビーム 110B を介してデータの受信を開始する速度を増加するため、レーザー通信端末 100 はレンズ 120 を用いてビーコンビーム 122 を生成し得る。ビーコンビーム 122 は、遠隔レーザー通信端末によるプライマリビーム 110B の位置特定を容易にし得る。前述のとおり、レーザー通信端末 100 によって生成されるプライマリビーム 110B は小さい角度発散（例えば 1 から 2 秒）を有し得、そのような角度発散は、遠隔レーザー通信端末がレーザー通信端末 100 から何マイルも離れている場合には位置の特定や検出が困難であり得る。反対に、レーザー通信端末 100 によって生成されるビーコンビーム 122 は、適度に大きい角度発散（例えば 1 度の 10 分のいくつか）を有し得る。例えば、ビーコンビーム 122 の直径は、遠距離場（即ち、遠隔レーザー通信端末の位置）において、プライマリビーム 110B の直径よりも大きいものであり得る。遠距離場におけるビーコンビーム 122 の直径は、遠隔レーザー通信端末の受光開口部を包含するのに十分なほど大きいものであり得る。レーザー通信端末 100 は、こうして「人工の星」として遠隔端末から見えるものとなり、こうして遠隔レーザー通信端末が継続して追跡するように捉え続ける（engage）又は「ロックオン」するための光学的信号を提供するだろう。もし双方向通信が計画されるなら、遠隔レーザー通信端末において同様の構造的配置が実装され得、こうしてレーザー通信端末 100 にとって「ロックオン」対象である「人工の星」が提供される。例えば、遠隔レーザー通信端末は、レーザー通信端末 100 のレンズ 120、主鏡 104 及び副鏡 106 の配置と同様に配置される、レンズ、主鏡、及び副鏡を含み得る。具体的な実施形態では、ビーコンビーム 122、プライマリビーム 110B、又はこの双方は、遠距離場において円形でない断面を有し得る。この実施形態では、ビーコンビーム 122 の断面の代表長さは、プライマリビーム 110B の断面の対応する代表長さよりも長くなり得る。

20

30

40

【0013】

一実施形態では、レンズ 120 の表面は、ほぼ平ら（例えば平面又は望ましい機械加工公差の範囲内）であり得る。一実施形態では、レンズ 120 は、プライマリビーム 110B の波長に関して透明な素材から作成され得る（例えば、レンズ 120 は光学的にほぼ中立であり得る）。レンズ 120 は、1 以上の屈折エレメントを含み得る。例えば、1 以上の屈折エレメントはレンズ 120 の第 1 の表面上、レンズ 120 の第 2 の表面上、レンズ 120 の内部、又はレンズ 120 の第 1 の表面及び第 2 の表面上に配置され得る。レンズに 2 以上の屈折エレメントが含まれる場合、2 以上の屈折エレメントは、レンズの第 1 の表面の中心からほぼ等距離に配置され得る。レンズに 1 つの屈折エレメントが含まれる場合（即ち、レンズが中心部に障害物が含まれない望遠鏡に搭載される場合）、屈折エレ

50

ントは中心に配置され得る。

【0014】

1以上の屈折エレメントは、光源102から発せられた光110の少なくとも一部を使用してビーコンビーム122を生成するように構成され得る。一実施形態では、レンズ120に2以上の屈折エレメントが含まれる場合、2以上の屈折エレメント中の第1の屈折エレメントは、光110の第1の部分122Aを方向転換し得、2以上の屈折エレメント中の第2の屈折エレメントは、光110の第2の部分122Bを方向転換し得、追加の屈折エレメントの場合も同様である。ビーコンビーム122は、第1の部分122A及び第2の部分122B（追加の屈折エレメントの場合も同様）に相当する、光の全部又は一部を含み得る。一実施形態では、第1の部分122Aは第1のビーコンビームを形成し得、第2の部分122Bは第2のビーコンビームを形成し得る。第1のビーコンビーム及び第2のビーコンビームは、遠距離場で見たとときに単一のビーコンビーム（例えばビーコンビーム122）として見え得る。一実施形態では、図1に示すように、レンズ120は光源102と主鏡104との間に配置され得る。別の実施形態では、レンズ120は主鏡104の中心部の開口内、又はビーコンビーム122Aを作り出すために適切な別の位置に配置され得る。

10

【0015】

一実施形態では、レンズ120の1以上の屈折エレメントは、光110の一部を相対的に大きな角度で方向転換することによって、光110の方向転換された部分のうちの一部が副鏡106を迂回する（例えば、副鏡で反射されない）ようにして、ビーコンビーム122を生成するように、構成され得る。当業者は、これによってビーコンビーム122の遠距離場の光学放射パターンに不連続性が発生し得るということを認識するであろう。ビーコンビーム122の遠距離場の光学放射パターンにおける不連続性は、レーザー通信端末100の具体的な応用にとって不適切であり得る。したがって、別の実施形態では、レンズ120の1以上の屈折エレメントは、ビーコンビーム122が、副鏡106及び主鏡104の双方によって捕捉され反射されるよう、光110の一部を方向転換して発散角のより小さいビーコンビーム122にすることによってビーコンビーム122を生成するように、構成され得る。この実施形態では、ビーコンビーム122は、レーザー通信端末100によって作成されたプライマリビーム110Bの、わずかに焦点がずれた部分として考えることができる。この実施形態によって、ビーコンビーム122の遠距離場の光学放射パターンにおける不連続性は、除去され得る。具体的には、1以上の軸外れしたビーコンビームがレンズ120の屈折エレメントによって生成され得る。そのビーコンビームは次いで、1以上のビーコンビームがレーザー通信端末100から出る際に副鏡106によって隠されないように、主鏡104及び副鏡106のそれぞれの軸外れした部分で反射されるであろう。このように、遠距離場の放射パターンには不連続性が生じない。レンズ120の1以上の屈折エレメントの屈折力は、副鏡によって隠されることを避けながら、ビーコンビーム122の望ましい発散角度が達成されるように、限られた範囲で調整され得る。

20

30

【0016】

図1に示されるように、ビーコンビーム122は、プライマリビーム110Bの直径（又は断面の代表長さ）よりも大きい直径（又はビーコンビーム122の断面の代表長さ）を有し得る。レンズ120にはほぼ透明な板（例えば光学ガラス板又はポリマー板）が含まれるため、光110がレンズ120を通過する際に失われる光の量は、減少し得る。例えば、光110の経路内に屈折エレメントを配置するために不透明なブラケットやリングといった機械的マウントを使用するレーザー通信端末は、10%を超える光110を遮断し得る。これによってレーザー通信端末から伝送されるプライマリビームの強度及びデータ通信速度が減少し得、それはレーザー通信端末の送信電力を増強することで補償され得る。ほとんどの場合には、このタイプの損失を調節するためにレーザー通信端末の送信電力を代償的に増強することは選択肢ではあり得ず、このため達成可能なデータ速度及び/又は通信範囲が低下する。対照的に、レンズ120は、主要な面に高効率の反射防止膜を

40

50

含んだほぼ透明な板（例えば透明なガラス又はポリマーの板）であり、したがって光 1 1 0 はほぼ全てがレンズ 1 2 0 を通過することが可能である。このように、機械的にマウントされる屈折エレメント又はレンズを使用するレーザー通信端末と比較して、プライマリビーム 1 1 0 B を望ましい強度で伝送し、及び / 又は望ましいデータ通信速度を達成するのにレーザー通信端末 1 0 0 が必要とする送信電力の量は、レンズ 1 2 0 によって低減され得る。

【 0 0 1 7 】

図 2 を参照すると、図 1 に示すレンズ 1 2 0 の例示的实施形態が示されている。図 2 に示されるように、レンズ 1 2 0 には第 1 の屈折エレメント 2 1 0 A 及び第 2 の屈折エレメント 2 1 0 B（合わせて、2 以上の屈折エレメント 2 1 0 と呼ぶ）が含まれる。一実施形態では、2 以上の屈折エレメント 2 1 0 は、直径 2 6 0 を有する実質的な円形を有し得る。一実施形態では、直径 2 6 0 は約 3 . 6 ミリメートルである。具体的な実施形態では、2 以上の屈折エレメント 2 1 0 はレンズ 1 2 0 の第 1 の表面の凹部に相当し得る。別の具体的な実施形態では、2 以上の屈折エレメント 2 1 0 はレンズ 1 2 0 の第 1 の表面の凸部に相当し得る。別の具体的な実施形態では、2 以上の屈折エレメント 2 1 0 はレンズ 1 2 0 の第 1 の表面の斜角部に相当し得る。別の具体的な実施形態では、2 以上の屈折エレメント 2 1 0 は、レンズ 1 2 0 の残りの部分とは異なる屈折率を有する、レンズ 1 2 0 の部分に相当し得る。例えば、レンズ 1 2 0 は第 1 の屈折率を有する光学ガラス板であり得、レンズ 1 2 0 の 2 以上の屈折エレメント 2 1 0 を画定する部分は、第 1 の屈折率とは異なる第 2 の屈折率を有し得る。

【 0 0 1 8 】

図 2 に示されるように、中心 2 3 0 から、第 1 の屈折エレメント 2 1 0 A はレンズの第 1 の表面の直径 2 2 0 に沿って、第 1 の距離 2 4 0 に配置され得、第 2 の屈折エレメント 2 1 0 B はレンズの第 1 の表面の直径 2 2 0 に沿って、第 2 の距離 2 5 0 に配置され得る。一実施形態では、第 1 の距離 2 4 0 及び第 2 の距離 2 5 0 は等しくあり得る。例えば、第 1 の距離 2 4 0 及び第 2 の距離 2 5 0 は、中心 2 3 0 から約 5 . 2 4 ミリメートルであり得る。したがって、2 以上の屈折エレメント 2 1 0 のそれぞれの中心は、中心 2 3 0 から約 5 . 2 4 ミリメートルに配置され得る。一実施形態では、直径 2 2 0 は光ビーム 1 1 0 の直径 2 7 0 より大きい。例えば、光ビーム 1 1 0 の直径 2 7 0 が 1 インチの 2 / 3 である場合、レンズ 1 2 0 の直径 2 2 0 は約 2 5 ミリメートルであり得る。一実施形態では、第 1 の距離 2 4 0 及び第 2 の距離 2 5 0 は等しいか又はほぼ等しく、第 1 の屈折エレメント 2 1 0 A 及び第 2 の屈折エレメント 2 1 0 B はレンズ 1 2 0 の第 1 の表面の中心 2 3 0 から等距離又はほぼ等距離に配置されている。

【 0 0 1 9 】

別の実施形態では、第 1 の屈折エレメント 2 1 0 A 及び第 2 の屈折エレメント 2 1 0 B はレンズ 1 2 0 の中心 2 3 0 から等距離に配置されなくても良い。例えば、第 1 の距離 2 4 0 は第 2 の距離 2 5 0 よりも大きい又は小さくあり得る。更に別の実施形態では、屈折エレメント 2 1 0 はレンズ 1 2 0 の中心 2 3 0 から等距離又はほぼ等距離に配置され得、（図 2 に図示せぬ）別の屈折エレメントがレンズ 1 2 0 の第 1 の表面上に配置され得る。別の実施形態では、レンズ 1 2 0 には、レンズ 1 2 0 の中心 2 3 0 の周囲に対称的に配置される 2 を超える数の屈折エレメントが含まれ得る。例えば、2 を超える数の屈折エレメントが中心 2 3 0 の周りに、三角形、正方形、又は望ましい特性のビーコンビームを生成するように構成される別のパターンで、対称的に配置され得る。屈折エレメントがレンズ 1 2 0 の中心 2 3 0 の周りに対称的に配置される際、ビーコンビーム 1 2 2 は、図 5 を参照して説明されるようにほぼ対称の強度プロファイルを有し得、その場合はレーザー通信端末はガウシアンプロファイルを有するレーザービームを伝導または伝達する。レンズ 1 2 0 に含まれる屈折エレメントの数が増加するにつれて、より多くの光 1 1 0 が方向転換され得、プライマリビームの強度を低減させ得るより強いビーコンビームが作られる。

【 0 0 2 0 】

図 3 を参照すると、図 1 及び図 2 のレンズ 1 2 0 の側面図が示されている。図 3 に示さ

10

20

30

40

50

れるように、レンズ120は第1の表面302及び第2の表面304を有する。レンズ120の第1の表面302及び第2の表面304は、厚さ306によって隔てられ得る。具体的な実施形態では、レンズ120の厚さ306は、約2.0ミリメートルであり得る。

【0021】

図2では、レンズ120には、第1の屈折エレメント210A及び第2の屈折エレメント210Bが含まれる。図2に関連して説明されるように、第1の屈折エレメント210Aは、第1の表面302上の中心230に対して第1の距離240のところに配置され得、第2の屈折エレメント210Bは、中心230から第2の距離250のところに配置され得る。一実施形態では、第1の表面302は、(第1の屈折エレメント210Aに相当する)第1の領域及び(第2の屈折エレメント210Bに相当する)第2の領域を除き、ほぼ平らな表面である。一実施形態では、第2の表面はほぼ平らな表面である。一実施形態では、屈折エレメント210は第2の表面304上に配置され得る。この実施形態では、第1の表面302はほぼ平らな表面であり得、第2の表面304は(第1の屈折エレメント210Aに相当する)第1の領域及び(第2の屈折エレメント210Bに相当する)第2の領域を除き、ほぼ平らな表面であり得る。別の実施形態では、屈折エレメントは、レンズ120の第1の表面302及び第2の表面304の双方の上に配置され得る。

【0022】

一実施形態では、第1の屈折エレメント210A及び第2の屈折エレメント210Bは、レンズ120の第1の表面302に対して凹形を有し得る。屈折エレメント210のそれぞれの凹形の形状は、レンズ120の厚さ306に対して深さ320まで延伸し得、直径(例えば図2の直径260)及び図3の曲率半径310を有し得る。一実施形態では、直径260は約3.6ミリメートルであり得、曲率半径310は約51.68ミリメートルであり得、深さ320は約0.03ミリメートルであり得る。代替的な一実施形態では、第1の屈折エレメント210A及び第2の屈折エレメント210Bは、レンズ120の第1の表面302に対して凸形を有し得る。屈折エレメント210が凸形を有する場合、屈折エレメント210はレンズ120の表面302から離れるように延伸し得る。別の具体的な実施形態では、レンズ120には、レンズ120の1以上の表面に対して凹形を有する1以上の屈折エレメントと、レンズ120の1以上の表面に対して凸形を有する追加の1以上の屈折エレメントとが含まれ得る。更に別の実施形態では、レンズ120には、完全にレンズ120の厚み306の内部に配置される屈折エレメントが含まれ得、第1の表面302及び第2の表面304は、ほぼ平らな表面であり得る。

【0023】

レンズ120の(屈折エレメント210を含む)第1の表面302及び第2の表面304は、反射防止膜でコーティングされ得る。一実施形態では、反射防止膜は、屈折エレメント210を含む表面(例えば第1の表面302又は第2の表面304)につき1%未満(<1%)の反射率を提供し、1,530から1,560ナノメートルの波長の、「V字型」の反射防止プロファイルを有する反射防止膜を含み得る。具体的な実施形態では、レンズ120の第1の表面302及び第2の表面304は、高度に研磨され得る。例えば、レンズ120はスクラッチ-ディグの品質水準で20/10相当まで研磨され得る。一実施形態では、レンズ120の端部は、研磨はされず、400メッシュ相当まで精細に研削され得る。一実施形態では、レンズ120の表面302及び304間の透過波面収差は、波長633ナノメートルについて、PV値で波長の1/4であり得る。

【0024】

図4を参照すると、レーザー通信システム400の例示的实施形態が示されている。図4に示されるとおり、レーザー通信システム400には、第1のレーザー通信端末402及び第2のレーザー通信端末404が含まれる。第1のレーザー通信端末402は、プライマリビーム410及びセカンダリビーム412(例えばビーコンビーム)を生成するように構成され得る。具体的な実施形態では、第1のレーザー通信端末402は図1のレーザー通信端末100であり得る。この実施形態では、プライマリビーム410は図1のプライマリビーム110Bであり得、セカンダリビーム412は図1のビーコンビーム12

2 であり得る。

【 0 0 2 5 】

第 2 のレーザー通信端末 4 0 4 は、プライマリビーム 4 1 0 の検出を容易にするように構成されている、光学エレメント 4 0 6 を含み得る。例えば、第 2 のレーザー通信端末 4 0 4 は、最初にセカンダリビーム 4 1 2 を検出することによって、プライマリビーム 4 1 0 を検出し得る。第 2 のレーザー通信端末 4 0 4 がセカンダリビーム 4 1 2 の検出を完了すると、第 2 のレーザー通信端末 4 0 4 は光学エレメント 4 0 6 をプライマリビームと位置合わせし得、プライマリビーム 4 1 0 を介して第 1 のレーザー通信端末 4 0 2 からデータを受信し始め得る。

【 0 0 2 6 】

図 5 を参照すると、プライマリビーム及びセカンダリビーム（例えばビーコンビーム）に関連した遠距離場の光強度分布の例示が、スポットダイアグラム 5 0 2 及び 5 1 0 によって示され、遠距離場の光強度が点の密度及び色分けの両方によって表されている。プライマリビーム（例えば図 1 のプライマリビーム 1 1 0 ）の遠距離場の表示が、スポットダイアグラム 5 0 2 及び 5 1 0 の中心の、解像しない点によって示されている。セカンダリビーム（例えばビーコンビーム）は、スポットダイアグラム 5 0 2 及び 5 1 0 中で、大きな、焦点のボケた不明瞭な領域で示されている。スポットダイアグラム 5 0 2 及び 5 1 0 は、図 1 のレーザー通信端末 1 0 0 のような代表的なカセグレン光学系内に、放射のガウシアン強度分布を伴う、コリメートされた光線束を発射することによって、光線追跡プログラムで生成されたものである。入射するプライマリビーム（例えば、図 1 のプライマリ

【 0 0 2 7 】

図 5 で、スポットダイアグラム 5 0 2 は、レンズの第 1 の表面の中心に対して中心をずらして配置された単一の屈折エレメントを含むレンズを用いて作成される。屈折エレメントはまた、不均一なプライマリビームに対しても、中心がずれていてよい。単一の軸のずれた屈折エレメントは、図 1 の 1 2 2 A で輪郭が描かれるように、発散する（円錐状の）セカンダリビームを作成する。単一の屈折エレメントの軸のずれた配置の結果として、遠距離場における第 2 のビームのプロファイルは非対称の強度分布を示し、この非対称の強度分布は、軸のずれた屈折エレメントによって捕捉された図 1 の第 1 のビーム 1 1 0 の非対称の強度分布の各部分を再現している。

この結果は、スポットダイアグラム 5 0 2 の部分 5 0 4 及び 5 0 6 における不均等な点密度によって示されている。

【 0 0 2 8 】

対照的に図 5 では、スポットダイアグラム 5 1 0 は、レンズの第 1 の表面の中心に対して対称に配置された 2 つの屈折エレメントによって作成される。2 つの軸のずれた屈折エレメントは、図 1 の 1 2 2 A 及び図 1 2 2 B で輪郭が描かれるように、別々の発散するセカンダリビームを作成する。第 1 の屈折エレメントによって作成された非対称な遠距離場の放射強度分布は、遠距離場において、第 2 の屈折エレメントによって作成される、同等だが反転した放射強度分布によって重ねられ得、それによって遠距離場では、スポットダイアグラム 5 1 0 の部分 5 1 2 及び 5 1 4 の同等の点密度で示されるように、均一な強度分布が作り出される。

【 0 0 2 9 】

図 6 を参照すると、プライマリビーム及びセカンダリビーム（例えばビーコンビーム）を生成する方法の実施形態のフローチャート 6 0 0 が示され指定される。一実施形態では、方法 6 0 0 は図 1 のレーザー通信端末 1 0 0 によって実施され得る。例えば、レーザー通信端末 1 0 0 は、プライマリビームを生成するために光源 1 0 2、主鏡 1 0 4、及び副鏡 1 0 6 を使用し得、セカンダリビーム（例えば図 1 のビーコンビーム 1 2 2 ）を生成するためにレンズ 1 2 0 を使用し得る。

【0030】

方法600は、602において、光源から発せられた光を使用してプライマリビームを生成することを含む。プライマリビーム（例えば図1のプライマリビーム110B）は、典型的なカセグレン型の望遠鏡（例えば図1のレーザー通信端末100）の主鏡（例えば図1の主鏡104）及び副鏡（例えば図1の副鏡106）を使用して光を反射することによって生成され得る。方法は、604において、望遠鏡のレンズ（例えば図1のレンズ120）を用いて光（例えば図1の光110）の一部を使用することで、セカンダリビーム（例えば図1のビーコンビーム122）を生成することを含む。図1のレーザー通信端末100のような典型的な反射型の光学系においては、レンズ（例えば図1のレンズ120）は、レンズの第1の表面の中心からほぼ等距離に配置されている、2以上の、軸のずれた屈折エレメント（例えば図2の屈折エレメント210）を含み得る。セカンダリビームは、図1に関連して説明されるように、2以上の屈折エレメントを用いて光の一部を方向転換させることによって、生成され得る。例えば、セカンダリビームの光は、2以上の屈折エレメントによって小さな角度に方向転換され得る。発散するセカンダリビームは、望遠鏡の主鏡及び副鏡のそれぞれの、軸のずれた部分によって反射され、セカンダリビームが望遠鏡の副鏡によって隠されることを回避しながら、このようにプライマリビームの一部分のコリメーション（即ち焦点）の度合いの変化を生じさせる。プライマリビームの中の、焦点がずれたセカンダリビームの部分が、ビーコンビーム（例えば図1のビーコンビーム122）として使用され得る。

10

【0031】

20

このように、方法600を実施することが可能な望遠鏡は、主鏡及び副鏡を用いて光源からの光を反射することによってプライマリビームを生成し、図1から図3のレンズ120のようなレンズを使用してセカンダリビームを生成するように構成されている。望遠鏡は、方法600を実施する場合に、セカンダリビームがレンズを使用して生成されるとき、プライマリビームを生成するために使用される送信電力がより少ない量で済む。なぜならば、レンズがセカンダリビームを生成するため光の一部を方向転換させ、他方で残りの光がプライマリビームを生成するため使用されることを可能にするからである。

【0032】

本明細書に記載の実施形態の例示は、様々な実施形態の構造の全体的な理解を促すことを意図している。これら例示は、本明細書に記載の構造又は方法を利用する装置及びシステムの、すべての要素及び特徴の網羅的な記載として機能することを意図していない。本開示を精査することにより、当業者には他の多くの実施形態が明らかであろう。例えば、本明細書の実施形態の多くでは、レンズ120はカセグレン構成（例えば主鏡及び副鏡）を持つ反射型の光学望遠鏡の内部に組み込まれたものとして説明されている。しかし、図1及び図2のレンズ120は、異なる構成（例えば、中心部の障害物を含まない屈折型望遠鏡）を有する他のレーザー通信端末との組み合わせで使用し得る。本開示の範囲を逸脱することなく構造的及び論理的な置き換え及び変更がなされるように、本開示から、他の実施形態が利用され導かれ得る。例えば、方法のステップは例示のものとは異なる順序で実施され得るか、又は、一もしくは複数の方法のステップは省略され得る。したがって、本明細書の記載及び図は、限定的ではなく例示的なものと見なされるべきである。

30

40

【0033】

さらに、具体的な実施形態が本明細書で例示され記載されてきたが、同じ又は類似の結果を達成するように設計されるいかなる後発の構成も、示されている具体的な実施形態に置き換えられ得るということが理解されるべきである。本開示は、様々な実施形態の後発するすべての応用形態又は変形形態をカバーすることを意図している。上述の実施形態の組み合わせ及び本明細書に特段の記載のない他の実施形態は、本開示の記載を精査する当業者には明らかである。

【0034】

前述の「発明を実施するための形態」において、様々な特徴が組み合わせられたり、単独の実施形態として説明されたりしたかもしれないが、それは本開示を簡潔にする目的で

50

ある。本開示は、特許請求される実施形態が、各請求項に記載されるもの以外の特徴を要求するという意図を反映すると解釈されるものではない。むしろ、下記の特許請求の範囲が反映しているように、特許請求される主題は、説明されたいずれの実施の形態のすべての特徴よりも少ない特徴を有するものに関しうる。

また、本願は以下に記載する態様を含む。

(態様 1)

主鏡、

副鏡、及び

1 以上の屈折エレメントを備えるレンズを備える装置であって、

前記主鏡及び前記副鏡が光源から発せられた光を用いてプライマリビームを生成するよう構成されており、

前記レンズが前記光源と前記主鏡との間に配置されており、

前記 1 以上の屈折エレメントが前記光源から発せられた前記光の少なくとも一部を使用してビーコンビームを生成するように構成されている、
装置。

(態様 2)

前記プライマリビームを介して第 2 の望遠鏡とデータを通信するように構成されている
第 1 の望遠鏡を備える、態様 1 に記載の装置。

(態様 3)

前記第 1 の望遠鏡が第 1 の位置に配置され、前記第 2 の望遠鏡が前記第 1 の位置から離れた第 2 の位置に配置されている、態様 2 に記載の装置。

(態様 4)

前記第 2 の望遠鏡が少なくとも部分的に前記ビーコンビームに基づいて前記第 1 の望遠鏡の位置を特定するように構成されている、態様 2 に記載の装置。

(態様 5)

前記 1 以上の屈折エレメントが 2 つの屈折エレメントを含み、前記 2 つの屈折エレメントが前記レンズの第 1 の表面上に配置され、前記 2 つの屈折エレメントのそれぞれが前記レンズの前記第 1 の表面に対して凹形状を有する、態様 1 に記載の装置。

(態様 6)

前記 2 つの屈折エレメントのそれぞれの前記凹形状が、前記レンズの厚さ方向に延びている、態様 5 に記載の装置。

(態様 7)

前記 1 以上の屈折エレメントが 2 つの屈折エレメントを含み、前記 2 つの屈折エレメントが前記レンズの第 1 の表面上に配置され、前記 2 つの屈折エレメントのそれぞれが前記レンズの前記第 1 の表面に対して凸形状を有する、態様 1 に記載の装置。

(態様 8)

前記 2 つの屈折エレメントのそれぞれの前記凸形状が、前記レンズの前記第 1 の表面から離れるように延伸する、態様 7 に記載の装置。

(態様 9)

前記プライマリビームが第 1 の直径を有し、前記ビーコンビームが遠距離場において前記第 1 の直径よりも大きい第 2 の直径を有する、態様 1 に記載の装置。

(態様 10)

前記レンズが反射防止膜によってコーティングされている、態様 1 に記載の装置。

(態様 11)

前記光源がレーザーを含む、態様 1 に記載の装置。

(態様 12)

第 1 の表面、及び

第 2 の表面を備える望遠鏡レンズであって、

前記第 1 の表面が前記第 2 の表面と厚さによって隔てられており、

前記第 1 の表面が第 1 の屈折エレメントを含み、

10

20

30

40

50

前記第 1 の屈折エレメントが前記第 1 の表面上にあり、
前記第 1 の屈折エレメントが、光源から発せられた光が前記レンズを通過するときにビ-
ーコンビームの少なくとも一部を生成するように構成されている、
望遠鏡レンズ。

(態 様 1 3)

前記第 2 の表面が、ほぼ平らな表面を含む、態様 1 2 に記載の望遠鏡レンズ。

(態 様 1 4)

前記第 1 の表面が第 2 の屈折エレメントを含み、前記第 2 の屈折エレメントが、前記光
源から発せられた光が前記レンズを通過するときに前記ビーコンビームの第 2 の部分を生
成するように構成されている、態様 1 3 に記載の望遠鏡レンズ。

10

(態 様 1 5)

前記第 1 の屈折エレメント及び前記第 2 の屈折エレメントが前記第 1 の表面に対して凹
形状を有し、前記第 1 の表面が、前記第 1 の屈折エレメント及び前記第 2 の屈折エレメン
トを除いてほぼ平らである、態様 1 4 に記載の望遠鏡レンズ。

(態 様 1 6)

前記第 1 の屈折エレメント及び前記第 2 の屈折エレメントが前記第 1 の表面に対して凸
形状を有し、前記第 1 の表面が、前記第 1 の屈折エレメント及び前記第 2 の屈折エレメン
トを除いてほぼ平らである、態様 1 4 に記載の望遠鏡レンズ。

(態 様 1 7)

前記レンズの前記第 1 の表面及び前記第 2 の表面が、反射防止膜でコーティングされて
いる、態様 1 2 に記載の望遠鏡レンズ。

20

(態 様 1 8)

光源によって発せられた光を使用してプライマリビームを生成すること、及び
望遠鏡のレンズを用いて前記光の一部を使用してセカンダリビームを生成することであ
って、前記レンズが 1 以上の屈折エレメントを含み、前記セカンダリビームが、前記 1 以
上の屈折エレメントを使用して前記光の前記一部を方向転換することによって生成される
、生成すること
を含む方法。

(態 様 1 9)

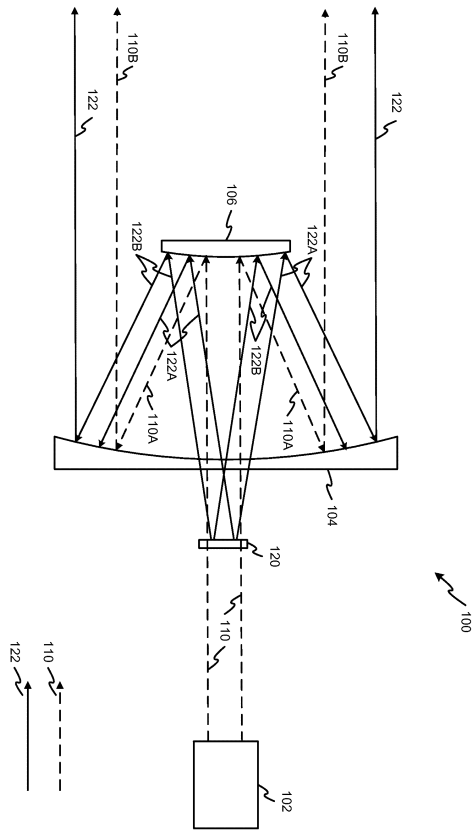
前記プライマリビームが、前記望遠鏡の主鏡及び副鏡を使用して前記光を反射すること
によって生成され、前記レンズが反射防止膜によってコーティングされている、態様 1 8
に記載の方法。

30

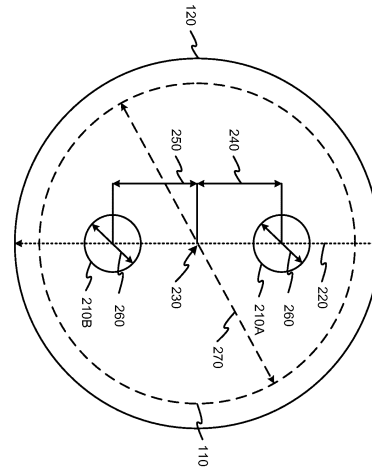
(態 様 2 0)

前記 1 以上の屈折エレメントの中の第 1 の屈折エレメントが、前記レンズの第 1 の表面
上に配置され、前記 1 以上の屈折エレメントの中の第 2 の屈折エレメントが、前記レンズ
の第 2 の表面上に配置される、態様 1 8 に記載の方法。

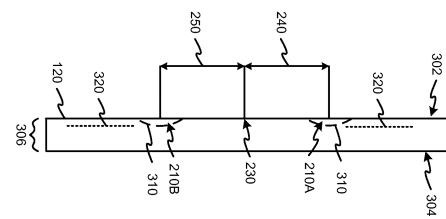
【 図 1 】



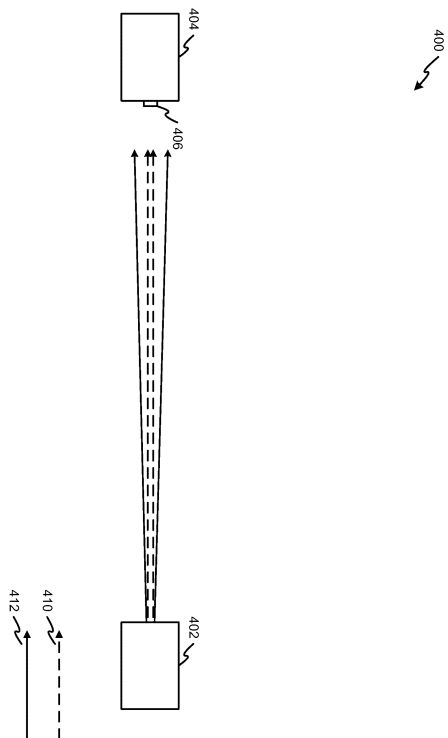
【 図 2 】



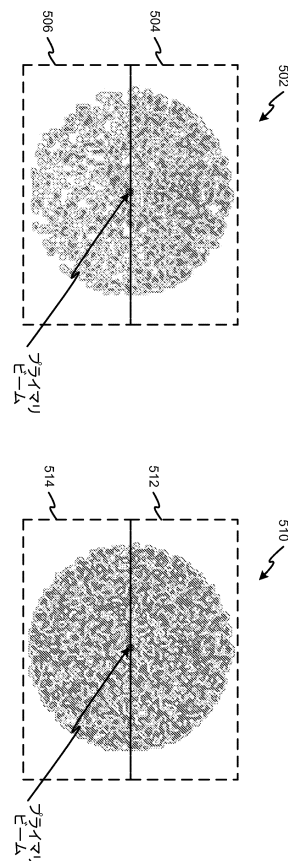
【 図 3 】



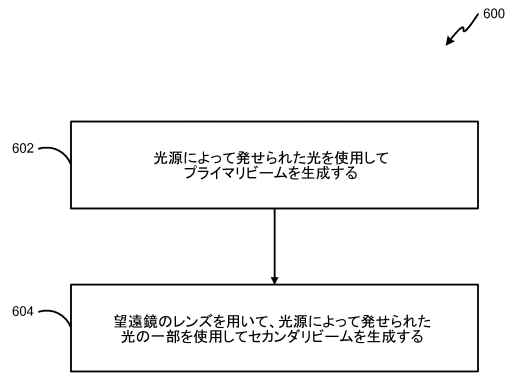
【圖 4】



【 図 5 】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 2 - 1 4 3 2 1 4 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 8 4 1 8 6 (J P , A)
特表 2 0 0 9 - 5 0 4 0 9 5 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 0 4 3 6 1 1 (J P , A)
特開平 0 7 - 1 0 7 0 3 5 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 2 1 5 3 6 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 2 2 7 4 6 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8